

## Programmable IC를 이용한 다기능 전자식 단상 전력량계 기능 구현

• 박 종범\*, 윤 기갑\*, 우 상목\*\*, 박 인권\*\*, 김 흥\*\*\*, 김 정수\*\*\*  
 \*한국전력공사 전력연구원 \*\*(주)협신전기공업 \*\*\*(주)에이엠알텍

### Implementation of Single-Phase SAMRT Meter using Programmable IC

• Jong Beom Park\*, Gi Gab Yoon\*, In Kwon Park\*\*, Hong Kim\*\*\*, Jung Soo Kim\*\*\*  
 \*KEPRI \*\*Hyup Sin Electronic Industrial Co.,Ltd \*\*\*AMR Tech, Inc.

**Abstract** - According to the deregulations of governments in the world, the power industries of United State and European nations are proceeding remote meter reading and remote load control. But the core technology of multifunctional electronic meter implemented by programmable one-chip IC, which can be the right answer of all the power industry's efforts is now still under development in the advanced countries.

Implementation of smallest size, lowest price single-phase meter with features which enable distribution automation such as bidirectional communication, Remote load control, remote meter reading, remote credit assignment, Prepayment billing system.

### 1. 서 론

1세기 전에 개발된 기계식 전력량계는 국내에서 60년 대부터 생산되어 현재까지 사용되고 있다. 전력량계는 2 가지 방식으로 직류형과 교류형이 있으며, 이는 전기에너지 공급방식에서 교류가 대부분을 점유하게 되어, 이에 따라 이동자계의 원리를 사용한 유도형 교류용이 현재 주종을 이루고 되었다. 전력량계는 일반대중 소비자의 생활과 밀접한 관계가 있으므로 일반이 직접 구입하여 사용하는 예가 극히 적은 관계로 큰 관심을 얻고 있지는 못하나, 초창기부터 현재에 이르기까지 각국에서 실험과 연구가 계속되어 제품의 질과 수명을 향상시켜 왔다. 그 동안 우리나라에서도 꾸준히 연구개발한 결과 일반 범용에 한해서는 외국 규격에 손색이 없는 수준의 제품을 생산, 수출하는 단계까지 도달하게 되었다.

전세계에 전기를 사용하는 인구는 현재 60억을 넘었으며, 그에 따른 계량기의 수량도 약 18억 개에 육박하고 있다. 이 거대한 에너지 공급 및 그 대금회수를 효율화시키기 위해 전세계 전력회사들은 끊임없는 노력을 하여 왔으며, 전기공급 품질향상, 수금체계의 신뢰성 향상, 전체 System의 단순화 및 효율화 등은 현재까지도 개선하고 있는 중이다. 현재 선진제국의 GE등 유명회사들이 주도하여 전자식 전력량계를 생산 및 판매하고 있으나 그 가격은 매우 고가이며, 각 업체에 따라 케이스설계, 회로설계, 기능, Software, 통신 Protocol, 회로에 사용하는 반도체 등이 상이하여 구입 후 설치 시부터 각 사의 특유 기술자료로 설치 시운전, 운영, 하자보수, 원격통신 등을 하고 있고, 여러 제조사의 표준이 각기 다른 관계로 한 개의 전력회사내에서 업무의 표준화, 선진화(원격검침 및 제어) 등에 여러 가지 문제점이 발생하고 있어 향후 여러 가지 문제가 제기될 전망이다. 특히 회로도가 공급회사에 따라 다르고 그 부품도 회사마다 각기 다르기 때문에 사후관리 및 운영, 기술관리에 막대한 인력과 경비소요가 예상된다. 가정용 단상 전자식 전력량계에 대해서는 그 가격이 기존의 기계식과 현격한 차이가 있어 현재 미국을 비롯한 선진 국에서는 기존의 기계식 계량기에 Encoder, Memory,

송수신장치 등의 전자부품을 장착한 반전자식 계량기를 약 US\$ 100~150선에서 구입하여 사용하고 있는 실정이다. 그러나 이러한 반전자식 전력량계는 계량, 계량된 자료보관, 원격 자료전송 등의 기능은 있으나 기존의 문제점인, 도전방지(Theft Tampering), 시간대별 검침, 최대 수요치 측정, 역률 측정, 고객별 부하제어(Load Profile), 선불(Prepayment), Load Profile & Event Logging 등의 중요기능이 포함되지 않아 전력공급의 선진화가 자연되고 있는 실정이다.

이러한 문제를 전력회사측과 전력 사용자의 양측 모두를 위하여 여러 가지 반도체를 하나의 ASIC 칩으로 통합 개발하여 모든 선진 기능을 포함하면서도, 회로가 단순화되고 표준화되며, 사후관리가 극히 용이하며, 가격이 엄격한, 가정용 전자식 단상 전력량계, 3상 전력량계, 그리고 이 용도의 ASIC(삼상/단상 겸용)을 개발하여야 한다. 현재 단상 전용 IC와 단상용 디지털 전력량계가 완성단계에 있으며, 본 논문에서는 단상전력량계의 원리, 설계 및 기능 구현에 대하여 논의하려고 한다.

### 2. 전자식 전력량계 개요

#### 2.1 전자식 전력량계 동작원리CATV 랜

다기능 전자식 단상 전력량계의 동작원리는 그림1에

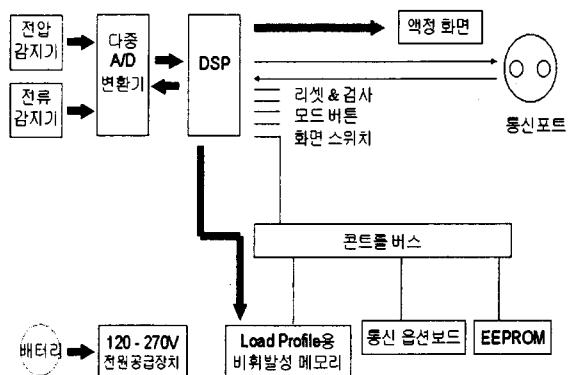


그림 1. 전자식 전력량계 블록다이어그램  
나와 있는 블록다이어그램에 잘 나타나 있다.

#### 가. 전압, 전류 신호의 전처리

전압은 분압기에 의하여, 전류는 분류기에 의하여 아날로그-디지털 변환기로 공급된다.

#### 나. 데이터 수집

각각 동시에 독립적으로 동작하는 2개의 아날로그 디지털 변환기가 아날로그의 전압신호와 아날로그의 전류신호 각각에 대하여 초당 1,966,080회의 디지털 변환을 수행한다. 따라서 도합 초당 3,932,160회의 디지털 변환을 수행하여 진정한 의미의 TRUE-RMS 측정방식을 구현한

다. 이러한 무한대에 가까운 샘플링을 통한 TRUE-RMS 측정기술을 수행함으로써 왜형과 또는 고조파 등도 궁극적으로 정확하게 측정할 수 있도록 하여 준다. 이러한 방식으로 연산된 에너지는 정현파 입력으로 가정하여, 평균한 값이나 정현파의 퍼크값으로 계산한 방식과는 측정의 정확도와 차원이 다른 진정한 의미의 True 에너지를 연산할 수 있게 하여준다.

#### 다. 디지털 신호 처리기(DSP)

DSP는 샘플링된 전압값과 전류값으로부터 초당 20,000,000회 이상의 디지털 연산을 수행하여 수전유효전력(량), 송전유효전력(량), 전상무효전력(량), 지상무효전력(량), 피상전력(량), 역률, 최대수요, 계량펄스연산 및 출력, 위 측정사항에 대한 시간대별 사용량 등 200가지 이상의 항목을 실시간으로 연산 및 처리한다.

연산이 끝나면 이득 및 위상의 오차를 보상하기 위한 상수를 가하여, 측정된 전력 및 전력량 정확도 및 측정치의 오차를 교정한다.

#### 라. 비휘발성 메모리

전자식 전력량계에는 프로그래밍된 정보, 요금 발행량, 계산 데이터 등을 조정하고 Load Profile을 수행할 수 있는 비휘발성 메모리(EEPROM)를 장착할 수 있다.

#### 마. 시간 유지 배터리

전자식 전력량계가 TOU(Time of Use : 시간대별 겹침)로 프로그램되거나 Load Profile 기록장치를 갖춘 경우에는 표준 3.6 V, 절반크기 AA, 리튬배터리가 전력량계 시계를 유지한다. 모든 요금발행과 프로그래밍 정보는 비휘발성 메모리에 저장되며 배터리는 정전시 날짜와 시간정보를 유지하는데에 사용된다.

### 2.2 전자식 전력량계의 전력품질감시 기능

전자식 전력량계는 전력품질감시기능을 사용하여 전력네트워크 시스템내에서 송배전되는 전력의 품질을 감시한다. 상호간의 경쟁이 날로 심해져가는 전력시장의 상황하에서 전력품질감시기능은 전력의 품질과 전력시스템의 안정성, 그리고 고객서비스를 향상시킬 수 있도록 귀중한 정보를 제공하여 준다. 또한 전력품질감시기능을 활용하면 전력네트워크 시스템의 문제점들을 조기에 경고하여줌으로써 장비가 파손되거나 고객이 불만을 터뜨리기 전에 적절한 조치를 취할 수 있도록 하여 준다.

전자식 전력량계에 모뎀이 설치되어 있는 경우에는 서비스중의 문제점이나 정전상황 등을 전송할 수 있다. 전력품질감시기능은 정전작업으로부터 퍼센트 비율로 유추하게 되는 임계전압레벨을 사용자가 자유롭게 프로그램 할 수 있는 특징을 가지고 있다.

전자식 전력량계의 측정시스템은 지속적으로 입력전압과 전류를 감시하여 전압새그, 전압스웰, 인터럽션, 또는 정전 등의 여부를 한 하인 주파수 단위로 조사한다. 입력신호가 설정하여 높은 임계레벨을 초과하면 전력품질관리 시스템은 이러한 상황을 이상상황으로 간주하여 방생일시와 진폭, 지속기간 등을 이벤트로그에 기록하여 모뎀을 통하여 전송하여 준다. 전력품질감시와 관련된 모든 이벤트들은 소프트웨어를 이용해 열람 및 분석할 수 있다. 개발한 단상 전자식 전력량계의 전력품질감시 기능은 다음과 같다.

- 전압의 새그, 스웰을 감시
- 저전압, 고전압 상태를 감시
- 전압의 인터럽션 감시
- 각 채널별로 파형기록
- 고조파 발생 기록
- 전압전류의 위상각 기록
- 서지, 이상전압 기록

전력품질감시의 중요한 관심대상을 전압 새그와 스웰이 전기장치에 미칠 수 있는 유해한 효과이다. 이러한 효과에는 일시적으로 전기장치의 동작을 방해하는 부류에서부터 전기장치를 영구적으로 파손시킴으로써 비싼 대가를 치루게 하는 경우에 이르기까지 여러 가지 부류가 있

다. 전압새그와 스웰의 치명도는 그 새그와 스웰의 정도가 얼마나 큰가와 큰 전압새그나 스웰에는 견디지만 오래동안 지속되는 것에는 견디지 못하는 경우가 있고, 정도가 작은 전압 새그나 스웰에만 견디지만 오래동안 견딜 수 있는 장비도 있을 수가 있다. 이러한 전기장치의 내압 특성은 DBEMA 곡선으로 표시되며 미국표준규격 ANSI Standard C84.1은 여러 가지 다른 길이의 이상전압상태에 대하여 상한과 하한을 정의하여 놓은 곡선을 정의하고 있다. 또한 미국 IEEE 협회에서는 전기적인 장애의 범주를 그림2와 같이 정의하고 있다.

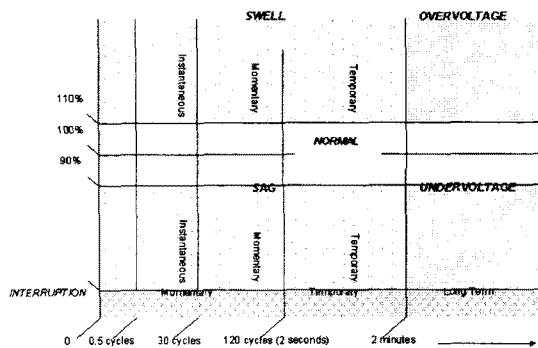


그림 2. 전기적 장애 범주

### 3. 단상 전자식 전력량계 기능 및 시스템 구성

#### 3.1 단상 전자식 전력량계 기능

개발한 단상 전자식 전력량계는 CMOS 공정으로 제작하며, 아나로그 신호와 디지털 신호가 혼합된 집적회로 IC이다. 개발한 ASIC 칩은 최첨단 아나로그-디지털 변환기술을 사용함으로써, 최종적으로 IEC 1036 1급이상의 성능을 나타낼 수 있다. 칩에 내장되어 있는 LCD 드라이버는 최대 6자리까지의 자침을 표시할 수 있으며, 7단계의 요금을 레지스터는 외부에서 선택하여 선택적으로 에너지를 저장할 수 있다. 이 뿐만 아니라, 요금을 별로 구분하는 달리 전체의 사용량을 저장하는 레지스터가 별도로 지정되어 있다. 본 IC는 전류, 전압센서로부터 들어오는 입력신호를 처리하는 아나로그-디지털 컨버터를 포함하여, 전력연산과 에너지 적산 등의 필요한 모든 기능을 포함하고 있다. 그림 3은 개발한 단상 전자식 전력량계의 블록다이어그램을 나타내고 있다.

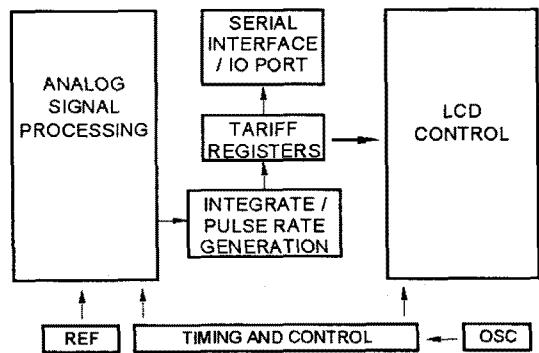


그림 3. 단상 전자식 전력량계 블록다이어그램

#### 가. 전력연산

전력선에서 공급되는 220V의 교류전압은 분압용 저항기를 통하여 14V 까지 다운된다. 이 전압은 다시 14uArms의 전류신호로 변환되어, 전압감지용 입력핀

으로 공급된다. Calibration을 위한 멀스신호는 SDO 핀에서 출력된다. 멀스의 속도는 유효에너지의 소모량에 비례한다.

#### 나. 아나로그 신호의 입력

전압과 전류신호 입력단의 입력신호 펀들은 크램핑 다이오드를 통하여, 정전기 방전으로부터 보호한다. 증폭 회로 Ai, Av에서 나오는 출력신호의 피드백 루프는 신호 입력단에서 가상적으로 전기적인 쇼트를 발생시켜, 동일한 레벨의 전압신호로 변환된다. 이렇게 변환된 전압신호는 아나로그 신호처리부에 공급되어, 전력을 연산하기 위하여 사용된다.

#### 다. 액정화면 디스플레이 드라이버

단상 전력량계는 4개의 백플레인과 6자리의 숫자, 1개의 소수점과, 10여 개의 아이콘을 볼 수 있고, 그 외에도 9개의 숫자를 확장하여 드라이브할 수 있다. 최상위의 숫자는 LCD13과 LCD12 펀에 의하여 디스플레이의 위치가 지정되며, 최하위의 숫자는 LCD1과 LCD0에 의하여 번지가 지정된다. LCD에 표시되는 숫자의 kWh 및 kvar, kVA 수치는 다음의 표와 같은 형식으로 표시된다. 표시숫자의 최하위 자리가 나타내는 단위는 0.1 kWh이다.

$10^4$	$10^3$	$10^2$	$10^1$	$10^0$	$10^{-1}$
KWh또는,kvar, kVA					

#### 라. IC의 프로그래밍

단상 전자식 전력량계 ASIC 칩은 여러 가지 동작옵션을 지정할 수 있는 레지스터를 가지고 있다. 이러한 레지스터는 아래와 같은 음션사항을 지정하기 위하여 사용된다.

- 기울기상수의 조정
- 기울기 상수의 프로그래밍
- 오프셋상수의 조정
- 계기번호 및 생산자 확인정보
- RAM에 있는 검침정보를 기록, 변경
- 요금단가별 사용량 레지스터
- 전원오류와 빗데리백업
- 정전기 방전보호 (ESD protection)
- 전력소모

### 3.2 단상 전력량계 시스템 구성

단상 전자식 전력량계는 선진 제조업체들의 사양을 비교·검토한 자료를 기초로 개발하였으며, 아래 각 부분의 구성에 대하여 설명하였다.

#### 가. 전력관계자료 연산 및 Interface 제어부

단상 전자식 전력량계의 주된 부품으로 Sensor에서 입력된 자료를 기초로 유효전력, 무효전력, 역률, 평균전력, 피상전력 등을 계산하여 Memory에 저장하는 기능을 하고, 전자식 계량기의 각 요소 및 Connector, RS-232 port 및 LCD Display 제어 등과 자료 송수신 등의 Interface Control을 담당하며, 전자식 전력량계의 핵심부분으로 Micro-Controller가 내장되어 있는 우수한 Computer 칩이다. 이 단상 전자식 전력량계의 ASIC 칩은 각종 보상 Program을 가지고 있으며, 자동 Calibration을 행할 수 있는 능력을 가지고 있으며, 자기전단기능도 가능하게 설계하였다. 필요에 따라 이 IC 내부의 Program을 변경할 수 있고, Prepayment, Load Profile, Event Log 등의 기능도 가지고 있으나 저장할 Data 용량이 기준치를 초과하는 경우에는 별도의 Flash Memory가 필요할 수도 있다.

#### 나. 전원공급부

전자식 계량기 전체 시스템에 전원을 공급하기 위한 장치로서 Switching Power System과 Linear Power System 두 가지 중 선택하도록 되어 있으며, 사용용량도 통신 Modem을 본 전자식 전력량계에 부착하여 사용할 때의 용량과 계량기만을 운영할 때의 용량이 다르도록 설계되어 있다. 개발 시작품은 계량기 기능만을 운영할 때의 Power Supply System이다.

다. Surge Protection

외부 Surge가 입력될 경우 이를 차단하기 위해 IEC-0687 규격에 맞도록 제작된 장치로서, 한번 손상을 입게되면 손상된 정보를 단상 전자식 전력량계 ASIC 칩이 인식하게 되어 외부에 손상된 사실을 표시하여 준다. 그러나 1회 손상을 입었다 하더라도 이 전자식 계량기는 동작하고 있으며, 제2회째 손상을 입으면 동작이 정지한다.

#### 라. Sensing부

이 Sensing부는 전압, 전류, 위상각 등을 Sensing하여 단상 전자식 전력량계에 전달해주는 기능을 한다.

#### 마. 외부표시부 (LCD 및 LED Lamp)

액정화면부(LCD:Liquid Crystal Display)로, 전력 사용량 등의 각종 Data(KW, KWH, KVAR, KVA, P/F)를 한글, 영문, 아라비아 숫자 등으로 표시하여 준다. LED는 사용자측과 협의하여 사양을 결정할 것이며, Pulse의 표시, 외부 Surge에 의한 손상표시 등이 있다. 그림4는 개발한 단상 전자식 전력량계 칩을 나타내고 있다.

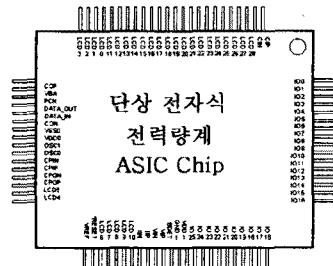


그림 3. 단상 전자식 전력량계 칩

## 5. 결 론

아나로그 방식 또는 기계식으로는 1급의 정확도를 얻는데 한계가 있으며, 기존에 많은 방법과 톡터들이 실효 전력을 연산하기 위하여 노력하였으나 정확한 값을 얻을 수가 없었다. 디지털 신호처리방식에 의하여 전력을 연산할 경우 아주 정확한 TRUE-RMS의 각종 전력 및 전력량을 산출할 수 있다. 그 핵심반도체들은 국내에서 아직 생산되는 것이 없어 국내에는 원천기술이 전무한 상태이다. 이러한 디지털 방식의 전력연산이 국내시장에서 경제성이 있는 가격으로 생산하려면 반드시 주문형 반도체를 제작함으로써, 생산원가를 낮추고, 높은 품질 관리비용을 낮추어야 한다. 이에 정밀도 1급의 단상 유효, 무효, 실효 및 최대수요 전력량계의 구현에 필요한 반도체소자에 대한 구조설계와 알고리즘 구현 및 최적의 성능을 얻기 위하여 주변부품들이 미치는 영향에 대하여, 집중적으로 검토, 연구하여 단상 전자식 전력량계를 개발하게 되었으며 이를 토대로 고정밀도의 ASIC 반도체 핵심부품을 개발하여 원천기술을 확보하고, 경제성 있는 3상 전자식 전력량계의 개발하여야 할 것이다.

## (참 고 문 헌)

- [1] 한국전력공사 판매사업단, "계기 및 검침업무보고", 1998.6
- [2] 한국측정기기 교정협회, "계량기 검사기술", 한국측정기기 교정협회, 1996.4
- [3] 박종범 외, "저압용 3상 전자식 전력량계 개발", 최종보고서, 1999.12.
- [4] 윤기감 외, "Programmable IC를 이용한 다기능 전자식 3상 전력량계 개발", 중간보고서, 1999.12.